

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт
Машиностроение
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И.Демченко
подпись инициалы, фамилия
« » 20 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

150700.62	Обработка металлов давлением
код	наименование направления

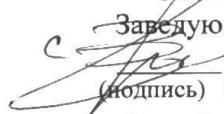
Разработка технологий и конструирование инструментов для изготовления
деталей «Эксцентрик» методами холодной объёмной штамповки

Руководитель	_____	_____	<u>А.К. Абкарян</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____	_____	<u>А.С.Белавин</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Консультант:			
Организационно-экономический			
раздел	_____	_____	<u>А.И. Демченко</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____	_____	<u>С.Л. Бусыгин</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
 Демченко А.И.
(подпись) (инициалы, фамилия)
«__» __ 20__ г

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
В ФОРМЕ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студенту Белавину Алексею Сергеевичу

Группа МТ 12-026 Направление (специальность) 150700.62

Обработка металлов давлением

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка технологий и
конструирование инструментов для изготовления деталей «Эксцентрик
методами холодной объёмной штамповки.

Утверждена приказом по университету № 3213/с от 06.05.2016

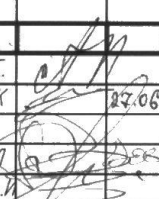
Руководитель ВКР А.К. Абкарян доцент ПИ СФУ

Исходные данные для ВКР Чертеж детали «Эксцентрик»

Перечень разделов ВКР 1 раздел: технологический;

2 раздел: конструкторский; 3 раздел: технико-экономический

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием
основных чертежей, плакатов: 1 – Чертёж детали; Лист 2. Чертёж штампа
разрезного; 3 - Чертёж штампа совмещённого действия; 4 - Чертёж штампа
калибровочного; 5 - Чертёж эпюр напряжений и деформаций; 6 - Техничко-
экономические показатели.

					БР – 150700.62 – 071205320 ПЗ		
					Разработка технологий и конструирование инструментов для изготовления деталей «Эксцентрик методами холодной объёмной штамповки	Лист	Листов
Разраб.	Белавин А.С.		27.06	1		1	
Проб.	Абкарян А.К.						
Н. контр.	Бусыгин С.А.						
Утв.	Демченко А.И.					ПИ СФУ Каф. «Машиностроение»	

Реферат

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка технологий и конструирование инструментов для изготовления деталей «Эксцентрик» методами холодной объёмной штамповки» содержит 56 страниц текстового документа, 7 таблиц, 20 рисунков, 13 приложений, 16 использованных источников.

ХОЛОДНАЯ ОБЪЁМНАЯ ШТАМПОВКА, ЭКСЦЕНТРИК, КОНСТРУИРОВАНИЕ ШТАМПОВ, РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ, СТАЛЬ 15Х

Целью данной работы является разработка технологий и конструирование инструментов для изготовления деталей «Эксцентрик» методами холодной объёмной штамповки.

Решены задачи:

- разработка технологии изготовления детали «Эксцентрик»;
- проектирование штампов для резки, прямого и обратного выдавливания, калибровки;
- выбор и кинематический анализ оборудования для изготовления детали «Эксцентрик»;
- расчёт технико-экономические показатели.

Были определены размеры заготовки, рассчитано усилие для резки. Рассмотрено прямое и обратное выдавливание, определены геометрические параметры получаемой заготовки, произведён выбор оборудования.

В конструкторском разделе были сконструированы: штамп для резки, штамп последовательного действия и штамп для калибровки. Для данных штампов представлена детализация рабочих частей и описан процесс сборки.

В технико-экономическом разделе представлен расчёт нормы времени и действительного фонда времени работы оборудования и рабочих. Осуществлён расчёт капитальных и материальных затрат, заработной платы

рабочих и амортизация основных фондов, определена себестоимость единицы изделия.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	6
1.1 Определение размеров заготовки.....	12
1.2 Резка прутка на мерные заготовки.....	15
1.2.1 Расчёт усилия резки.....	16
1.2.2 Выбор оборудования для резки.....	17
1.2.3 Расчёт кинематических параметров.....	19
1.3 Зачистка заусенцев.....	23
1.4 Прямое выдавливание.....	25
1.4.1 Определение геометрических параметров.....	25
1.4.2 Определение усилия прямого выдавливания.....	26
1.5 Обратное выдавливание.....	28
1.5.1 Определение геометрических параметров.....	28
1.5.2 Определение усилия обратного выдавливания.....	29
1.6 Выбор оборудования для выдавливания.....	31
1.7 Эпюры деформации и напряжений.....	34
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	35
2.1 Штамп для резки.....	36
2.2 Штамп последовательного действия.....	38
2.3 Штамп калибровочный.....	41
3 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	45

3.1	Расчёт нормы времени.....	46
3.2	Расчёт действительного фонда времени работы оборудования и рабочих.....	47
3.3	Методика расчёта потребности в оборудовании и количестве рабочих.....	48
3.4	Расчёт капитальных затрат.....	50
3.5	Определение себестоимости продукции.....	49
3.6	Материальные затраты.....	50
3.7	Затраты на электроэнергию.....	50
3.8	Затраты на заработную плату рабочим.....	51
3.9	Амортизация.....	52
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	56
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	57-70

Введение

Повышение точности и качества заготовок – одна из основных задач в современной технологии машиностроения. Наиболее полно эта задача реализуется при использовании процессов, основанных на холодной пластической деформации. К числу наиболее прогрессивных процессов, основанных на холодной пластической деформации, относятся взаимно дополняющие друг друга процессы листовой и холодной объёмной штамповки.

При холодной объёмной штамповки достигается: деформационное упрочнение, отсутствие надразов, направленность волокна вдоль конфигурации штампованной заготовки, улучшение микрогеометрии (по сравнению с обработкой резанием, литьём и горячей штамповкой), увеличения коэффициента использования металла (по сравнению с литьём и горячей штамповкой на 30% и более, по сравнению с обработкой резанием – в 2 – 3 раза). В среднем коэффициент использования металла составляет 0,90 – 0,93. Значительно снижается трудоёмкость и станкоёмкость. Процессы характеризуются высоким уровнем механизации и автоматизации, значительно опережая процессы литья и горячей штамповки.

Дальнейшее расширение области применения холодной объёмной штамповки вместо обработки резанием, а также литья и горячей штамповке может быть достигнуто улучшением эксплуатационных свойств, усложнением формы, увеличение абсолютных размеров (массы) штампуемых деталей.

Задачи технолога и конструктора – выбрать наиболее оптимальный вариант технологии, конструкции инструмента, параметры оборудования.

На большинстве предприятий детали таких параметров вытачиваются из прутков, обычно поступающих с металлургического завода в термически необработанном или отожженном состоянии. Такой способ изготовления эксцентрика нерационален вследствие больших отходов металла, так как в

стружку при этом идёт до 30-40% стали. При изготовлении детали методом штамповки, отходы металла в стружку сокращаются до 5-7%.

В связи с тем, что при холодной объемной штамповке металл не нагревается, она имеет перед горячей ряд преимуществ: из-за отсутствия на поверхности деталей окалина и обезуглероженного слоя повышается точность их размеров и снижается шероховатость поверхности. Это позволяет свести к минимуму последующую обработку деталей резанием и соответственно расход металла.

Рабочие части инструмента-штампа для ХОШ работают в тяжелых условиях повышенного трения, высоких удельных усилий, достигающих 2000—2500 МПа, и высоких температур, развиваемых в процессе деформирования. В связи с этим для изготовления штампов применяют стали повышенной и высокой износостойкости, например Х6ВФ, 9Х5ВФ, Х12, а также используют различные смазки и производят предварительную подготовку поверхности заготовок (нанесение веществ, уменьшающих трение), например, фосфатирование. К числу наиболее прогрессивных процессов, основанных на холодной пластической деформации, относятся взаимно дополняющие друг друга процессы листовой и холодной объемной штамповки.

Целью работы является разработка технологий и конструирование инструментов для изготовления деталей «Эксцентрик» методами холодной объёмной штамповки.


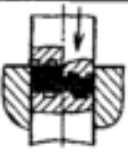



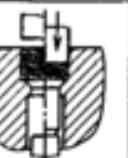







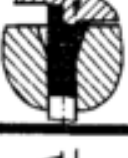


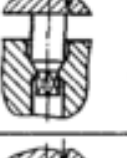
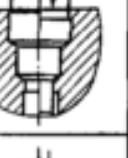



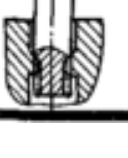


Для достижения цели дипломной работы были поставлены следующие задачи:

- разработать технологии изготовления детали «Эксцентрик»;
- спроектировать штампы для резки, прямого и обратного выдавливания, калибровки;
- выбрать оборудования для изготовления детали «Эксцентрик» и провести его кинематический анализ;
- рассчитать техноэкономические показатели.



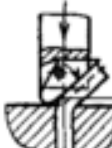











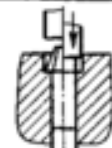




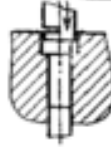
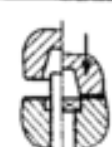



1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В таблице 1 дается классификация процессов ХОШ [1]. Все операции в зависимости от характера преобладающего формоизменения разделены на 12 групп с индексами А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И, К, Л, М, Н, каждому из которых соответствует ряд с порядковым номером 1 – 12: А, Б, В – осадка, высадка, чеканка; Г, Д, Е – редуцирование, прямое выдавливание; Ж, И, К, Л, М, Н – выдавливание обратное, комбинированное, радиальное, вытяжка с утонением и др. Также в таблице 1 под соответствующим индексом введен показатель условной сложности наладки (1 – 9 в порядке повышения сложности). Операции с использованием инструмента примерно одинаковой сложности объединены, и границы раздела выделены толстыми линиями.


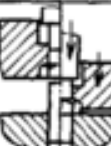









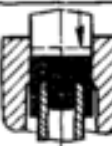







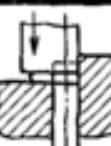



Таблица 1 - Классификация операций ХОШ[1]

Группа	Осадка, высадка, чеканка			Редуцирование, прямое выдавливание		
	А	Б	В	Г	Д	Е
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						

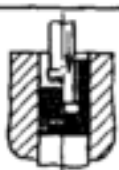

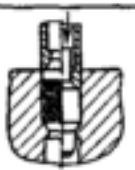










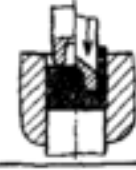





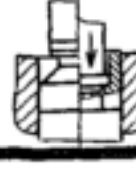

Продолжение таблицы 1

Рис. №	А	Б	В	Г	Д	Е
	2	5			7	
5						
6						
7						
8						











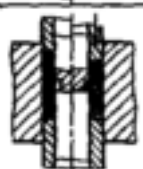

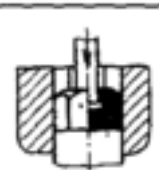






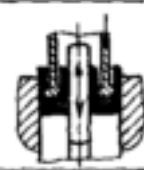
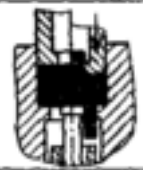



Продолжение таблицы 1

Рис. №	А	Б	В	Г	Д	Е
	2	7	9		7	
9						
10						
11						
12						

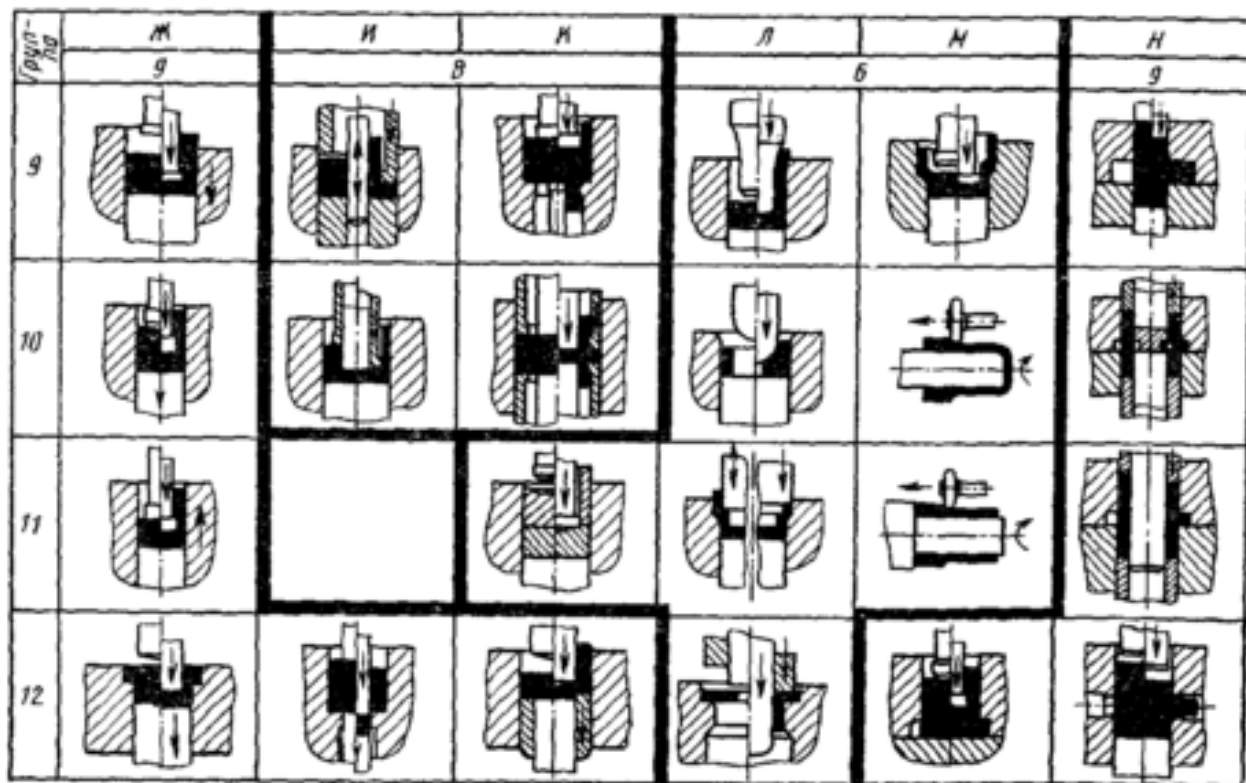
Продолжение таблицы 1

Группа	Выдавливание обратное, комбинированное, радиальное, вытяжка с утонением					
	Ж	И	К	Л	М	Н
	б	5		4		
1						
2						
3						
4						

Продолжение таблицы 1

Группа	Ж	И	К	Л	М	Н
	б	в		б	в	г
5						
6						
7						
8						

Продолжение таблицы 1



В результате анализа процессов холодной объёмной штамповки выбрана следующая схема получения детали «Эксцентрик», она включает в себя операции резки прутка на мерные заготовки, прямое выдавливание, обратное выдавливание и калибровка.

Учитывая выше сказанное, был разработан технологический процесс для изготовления детали «Эксцентрик» методом холодной объёмной штамповки.

Для изготовления детали «Эксцентрик» используется прутки длиной 2 м ГОСТ 2590-88, сталь конструкционная легированная 15Х.

Химический состав в % стали 15Х:

С – от 0,12 до 0,18;

Si – от 0,17 до 0,37;

Mn – от 0,4 до 0,7;

Ni – до 0,3; S – до 0,035;

P – до 0,035;

Cr – от 0,7 до 1;

Cu – до 0,3;

Fe – до 97.

Механические свойства стали 15Х при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$:

Предел кратковременной прочности, $\sigma_B = 390\text{ МПа}$.

Предел текучести для остаточной деформации, $\sigma_T = 195\text{ МПа}$.

Предел относительного удлинения после разрыва, $\sigma_5 = 26\%$

Относительное сужение, $\psi = 55\%$

Технологический процесс изготовления детали состоит из следующих операций:

- 1) контроль исходного материала;
- 2) отрезка;
- 3) зачистка заусенцев;
- 4) прямое выдавливание;
- 5) обратное выдавливание
- 6) калибровка

1.1 Определение размеров заготовки

Для определения геометрических параметров заготовки, воспользуемся принципом равенства объёмов (формула 1), объём детали приравняем к объёму заготовки.

$$V_{\text{дет.}} = V_{\text{заг.}}$$

(1)

Для расчёта деталь делится на 3 части. На рисунке 1 представлен «Эксцентрик», 1, 2, 3 являются его составными частями.

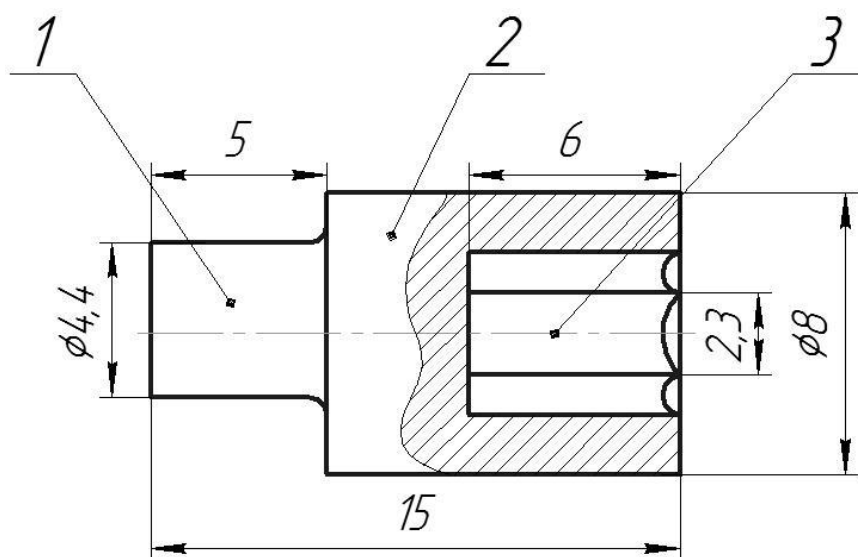


Рисунок 1 – Эксцентрик

Объём детали находится по формуле 2:

$$V_{\text{детали}} = V_1 + V_2 - V_3, \quad (2)$$

где V_1 , V_2 , V_3 – объёмы составных частей детали 1, 2, 3 соответственно.

Объём 1 и 2 частей детали находится по формуле 3:

$$V = \pi r^2 h, \quad (3)$$

где π – математическая константа, ($\pi=3,14$);

r – радиус части «Эксцентрика»;

h – высота части «Эксцентрика».

Произведён расчёт объёма 1 и 2 части детали:

$$V_1 = 3.14 \cdot 2.07^2 \cdot 5 = 67.3 \text{ mm}^3$$

$$V_2 = 3.14 \cdot 4^2 \cdot 10 = 502.4 \text{ mm}^3$$

Объём 3 части детали находится по формуле 4:

$$V_3 = \frac{3ha^2\sqrt{3}}{2}, \quad (4)$$

где a – длина грани шестигранной части детали.

Произведён расчёт объёма 3 части детали:

$$V_3 = \frac{3 \cdot 6 \cdot 2.3^2 \cdot \sqrt{3}}{2} = 82.5 \text{ mm}^3$$

Исходя из представленных расчётов, определяем итоговый объём заготовки:

$$V_{\text{дет.}} = V_{\text{заг.}} = 67.3 + 502.4 - 82.5 = 487.2 \text{ мм}^3$$

Исходя из ГОСТа 2590-88 на катанный пруток, $d_{\text{пр}} = 8 \text{ мм}$ и объема $V_{\text{заг}} = 534.4 \text{ мм}^3$, найдем длину отрезаемой заготовки по формуле 5:

$$h_{\text{заг.}} = \frac{V_{\text{заг.}}}{(\pi r^2)} \quad (5)$$

$$h_{\text{заг.}} = \frac{487,2}{3.14 \cdot 4^2} = 9,7 \text{ мм}$$

Заготовка была получена со следующими геометрическими параметрами: диаметр 8 мм; длина 9,7 мм.

Отрезаемая заготовка изображена на рисунке 1:

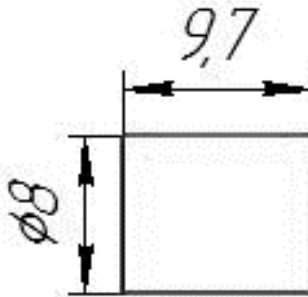


Рисунок 2 - Заготовка детали «Эксцентрик»

Таким образом, в ходе проведения расчётов размеров заготовки детали «Эксцентрик», был рассчитан объём заготовки, который составил $487,2 \text{ мм}^3$, и определены её диаметр и длина, составляющие 8 мм и 9,7 мм соответственно.

1.2 Резка прутка на мерные заготовки

Резкой называют процесс деления заготовки на части заданных размеров и формы. Резку применяют для получения заготовок заданных размеров и формы из сортового и листового проката, а также прорезей и отверстий в заготовках. Современные методы резки обеспечивают высокопроизводительную обработку заготовок практически любых размеров и из материалов с любыми физико-механическими свойствами.

Самые распространённые методы резки прутка:

- резка на пилах. Разделяют два вида пил: циркулярные и ленточные. Резка металла происходит за счёт внедрения в металл режущей кромки резца, установленного на режущем инструменте. При резке пилами из места реза удаляется металл, это способствует большим затратам на металл при многочисленных разрезаниях. Так же кромки режущей части пилы относительно быстро затупляются, что в свою очередь несёт затраты на обслуживание или замену режущей части инструмента. К преимуществам можно отнести качество реза и мобильность режущей машины;

- резка на штампах представляет собой процесс отделения заготовки от другой части металла, принцип резки основан на принципе параллельного сдвига оси заготовки. Резка осуществляется на механических кривошипных или гидравлических прессах. Резка в штампах имеет высокую производительность, малые затраты материала при резке и малое отклонение размеров после резки. К недостаткам можно отнести затраты на оборудование и изготовление штампов для резки;

- холодная ломка - отделение заготовки от прутка методом излома под определённый угол. В данном методе нужно использовать твёрдые марки стали, так как мягкие стали меняют геометрическую форму в месте ломки. Такой метод не подходит для штамповки, так как для штамповки применяются мягкие стали, с повышенной пластичностью. Перед ломкой

необходимо подготовить место лома надрезом, чтобы сконцентрировать напряжения в одном месте. После лома заготовки торцы имеют высокую шероховатость, необходима дополнительная обработка торцов;

- газопламенная резка заключается в проплавлении разрезаемого металла за счет теплоты, исходящей из сжатой плазменной дуги, и интенсивном удалении расплава плазменной струей.

Таблица 2 – Отклонения при резки[4]

Способ резки	Величина отклонения по длине, мм
Резка на пилах	$\pm 0,5$
Резка в штампах	$\pm 0,3$
Холодная ломка	$\pm 3,0$
Газопламенная резка	$\pm 1,0$

Исходя из проведенного анализа можно сделать вывод о том, что резка прутка на заготовки будет осуществляться в разрезном штампе.

1.2.1 Расчёт усилия резки

Усилие, передаваемое на нож штампа при отрезке заготовки от прутка, находим по формуле 6:

$$P = kF_{cp}\sigma_{cp}, [3] \quad (6)$$

где k – коэффициент притупления режущих кромок ножей (принимается от 1 до 1,7);

F_{cp} – площадь поперечного сечения, разрезаемого прутка ($F_{cp} = \pi r^2$);

σ_{cp} – максимальное сопротивление срезу (принимается 0,8 от предела выносливости обрабатываемого металла).

$$\sigma_{cp} = 0.8 \cdot \sigma_B = 0,8 \cdot 390 \cdot 10^6 = 312 \text{ МПа}$$

$$P = 1.4 \cdot (3.14 \cdot (4 \cdot 10^{-3})^2) \cdot 312 \cdot 10^6 = 22 \text{ кН}$$

В ходе проведенного расчёта, было найдено усилие, затрачиваемое на резку прутка на заготовки, равное 22 кН.

1.2.2 Выбор оборудования для резки

Операция резки осуществляется в кривошипном прессе КД2116 усилием 40 кН, представленным на рисунке 3.



Рисунок 3 – Общий вид кривошипного пресса КД2116

Усилие пресса создаётся за счёт крутящего момента, передаваемого кривошипному валу электроприводом. Привод состоит из электродвигателя, маховика, муфты включения, тормоза и понижающей зубчатой передачи, от которой вращение передаётся кривошипному валу.

В таблице 1 представлены основные технические характеристики пресса КД2116.

Таблица 3 – Технические характеристики пресса

Наименование параметра	Значение параметра
Номинальное усилие пресса, кН	40
Наибольший ход ползуна (штока), мм	55
Размеры стола, мм	280 x 420
Размеры отверстия в столе, мм	140 x 210
Диаметр отверстия в столе, мм	180
Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении - закрытая высота пресса, мм	220
Расстояние от оси штока до станины (вылет), мм	160
Частота ходов ползуна непрерывных, 1/мин	120
Частота ходов ползуна одиночных от кнопки, 1/мин	55
Величина регулировки расстояния между столом и ползуном, мм	45
Расстояние между стойками станины в свету, мм	200
Толщина подштамповой плиты, мм	40
Размеры нижней поверхности ползуна, мм	190 x 220
Максимальный ход выталкивателя в ползуне, мм	40
Высота стола над уровнем пола, мм	760
Тип муфты тормоза	УА3135
Электрооборудование	
Электродвигатель главного привода, кВт	2,0
Габариты пресса (длина ширина высота), мм	990 x 1085 x 1875
Масса пресса, кг	1325

Пресс однокривошипный простого действия открытый не наклоняемый двухстоечный КД2116 подходит по силовым и кинематическим параметрам для операции резки в штампе

Прессы применяются на предприятиях различных отраслей промышленности, в цехах и на участках холодной листовой штамповки. Находят широкое применение при любом типе производства: мелкосерийном, серийном, массовом.

Прессы предназначены для работы как на одиночных, так и на непрерывных ходах при оснащении их автоматическими подачами (роликовыми, валковыми, шибберными и др.).

Величину допускаемых усилий на ползуне, в зависимости от угла поворота кривошипа, следует выбирать из графика допускаемых усилий на ползуне.

Размеры штампуемого изделия на прессе определяются размерами штампового пространства, величиной хода ползуна и допускаемыми усилиями на ползуне.

Прессы, оборудованные автоматическими подачами, могут использоваться в автоматических и поточных линиях.

Станина прессов литая чугунная коробчатой формы, воспринимает все усилия, возникающие при резке прутка.

1.2.3 Расчёт кинематических параметров

Кривошипно-шатунный механизм (Рисунок 4), применяют в качестве главного исполнительного механизма в большинстве прессов простого и многократного действия. Кривошипно-шатунный механизм относится к четырех звенным плоским механизмам с одной степенью подвижности. Механизм состоит из ведущего кривошипа и шатуна с ползуном.

Результатом кинематического расчета является построение кинематических диаграмм пути S , скорости V , и ускорения j , для половины цикла возвратно-поступательного движения ползуна кривошипно-шатунного механизма. Исходной величиной для расчета является значение полного хода ползуна.

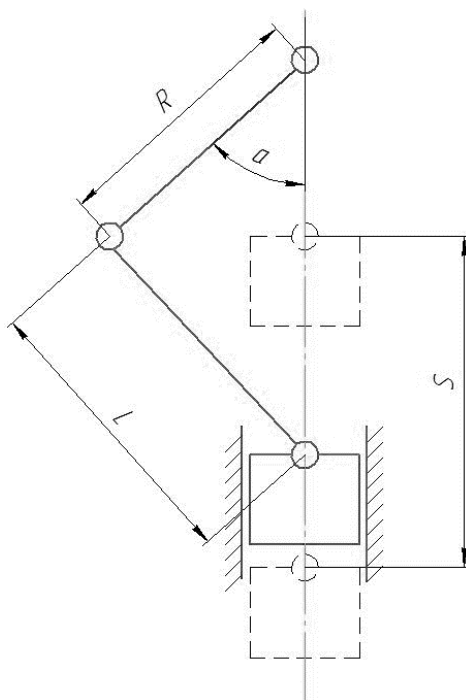


Рисунок 4 - Схема кривошипно-шатунного механизма

Перемещение ползуна находим по формуле 7;

$$S = R((1 - \cos \alpha) + \lambda/4 (1 - \cos \alpha)), [2] \quad (7)$$

где R – радиус кривошипа,

α – угол вращения вала,

λ – коэффициент шатуна (приложение А).

Радиус кривошипа находим по формуле 8;

$$R = H/2, \quad (8)$$

где H – ход ползуна.

Скорость ползуна находим по формуле 9;

$$V = \omega R(\sin \alpha + \lambda/2 \sin 2\alpha), [2] \quad (9)$$

где ω – угловая скорость кривошипа.

Угловая скорость ω находится по формуле 10;

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (10)$$

где n – число ходов вала в минуту.

Ускорение ползуна находим по формуле 5;

$$J = -\omega^2 R(\cos \alpha + \lambda \cos 2\alpha) [2] \quad (11)$$

Результаты вычислений кинематических параметров приведены в таблице 2. Вычисления выполнены от 0 до 180 градусов, этого диапазона достаточно для анализа кривошипного механизма.

Таблица 4 – Показатели кинематических параметров

Угол, (град.)	Перемещение, S (мм)	Скорость, V (мм/с)	Ускорение, j (мм/с ²)
0	0,0	0,0	5119,1
10	0,5	70,6	5006,1
20	1,9	138,1	4674,8
30	4,3	199,6	4147,5
40	7,5	252,6	3458,9
50	11,3	295,2	2653,0
60	15,6	326,0	1778,7
70	20,3	344,6	885,6
80	25,1	350,8	19,5
90	30,0	345,4	-780,9
100	34,7	329,5	-1487,1
110	39,1	304,6	-2081,9
120	43,1	272,2	-2559,6
130	46,6	234,0	-2924,2
140	49,6	191,4	-3187,7
150	51,9	145,8	-3366,6
160	53,6	98,2	-3478,4
170	54,7	49,3	-3538,5
180	55,0	0,0	-3557,3

По данным таблицы 4 построим графики зависимости переменных от угла поворота вала.

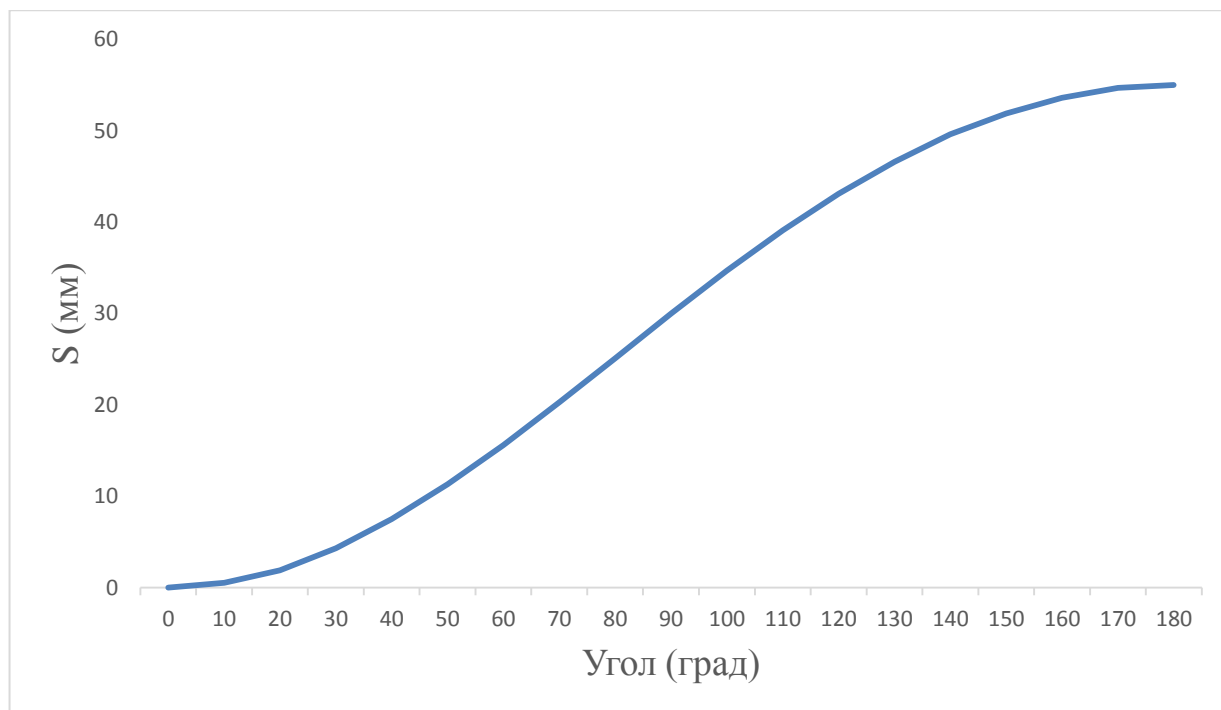


Рисунок 5 - График перемещения ползуна.

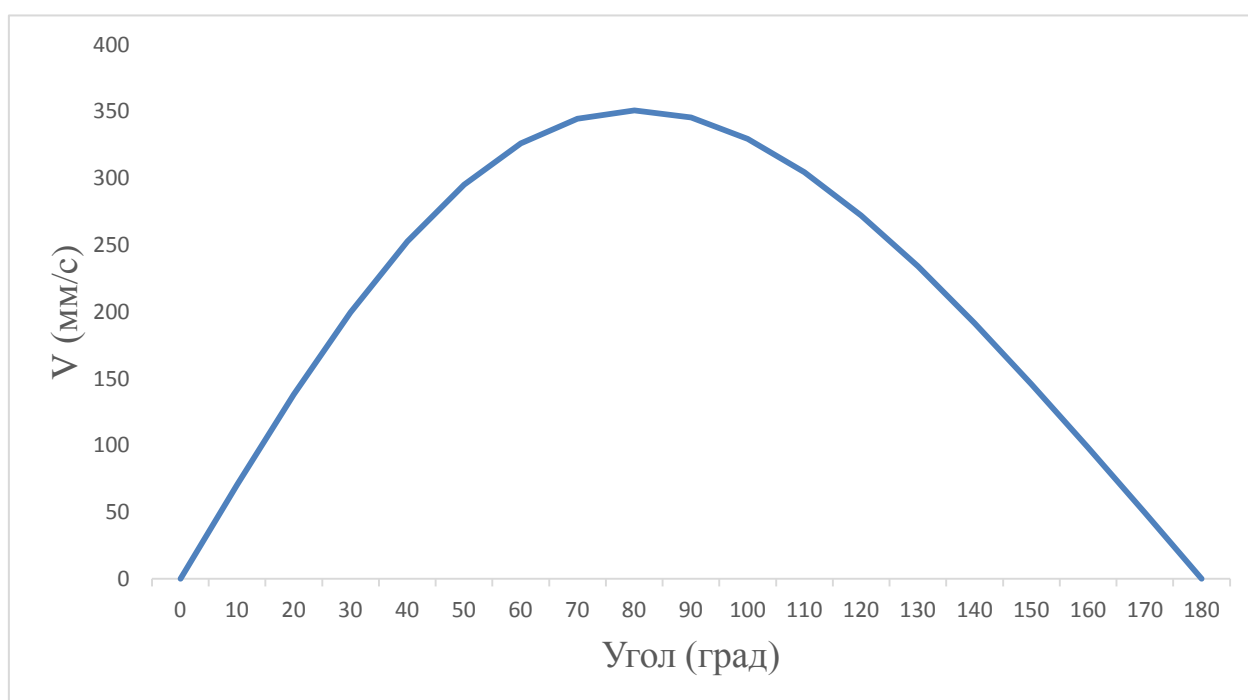


Рисунок 6 - График скорости ползуна.

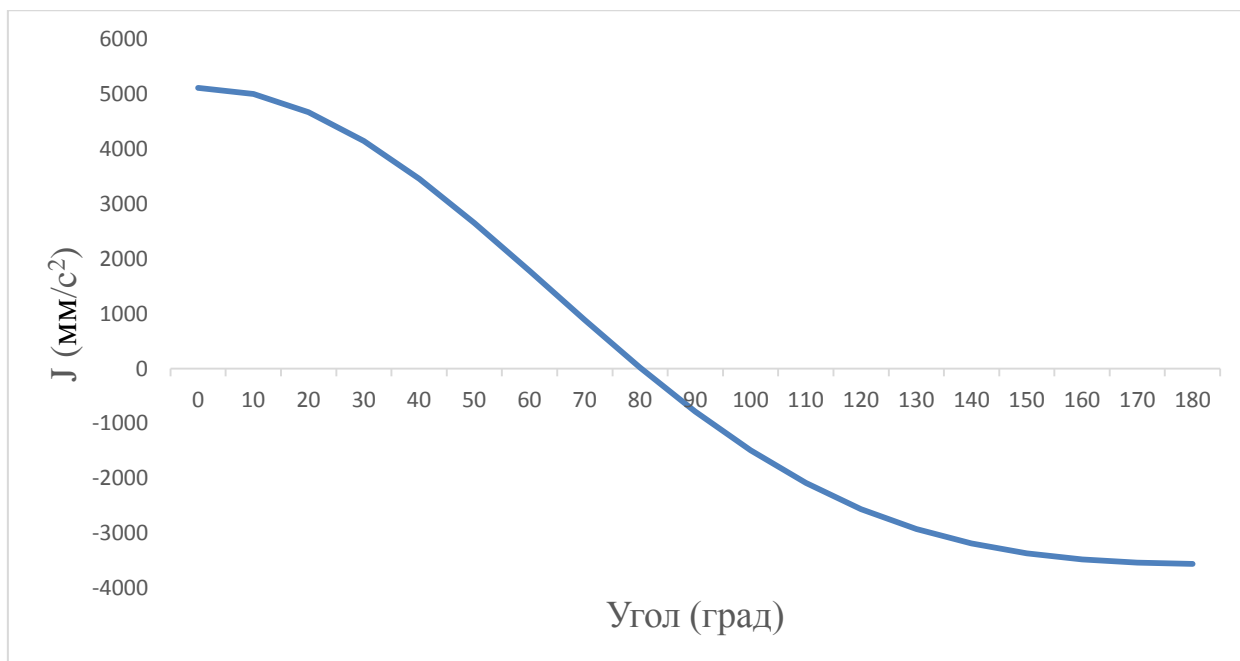


Рисунок 7 - График ускорения ползуна.

1.3 Зачистка заусенцев

Заготовки, предназначенные для холодной объемной штамповки и особенно для выдавливания, при наличии на них заусенцев должны быть зачищены. Не удалённые заусенцы способствуют застраиванию заготовки в рабочей части штампа и в процессе выдавливания, образуют трещины и задиры, что негативно сказывается на выпуск годной продукции. Для мелких деталей дробеструйная очистка не особенно желательна, так как приводит к сильному наклепу поверхностного слоя, что повышает сопротивление деформации и снижает стойкость инструмента на формоизменяющих операциях. У крупных деталей влияние поверхностного наклепа менее ощутимо- вследствие относительно меньшей величины поверхности, приходящейся на единицу объема. Зачистка заусенцев на торце прутка осуществляется на заточном станке.

1.4 Прямое выдавливание

1.4.1 Определение геометрических параметров

Данная операция будет осуществляться в закрытой матрице.

Рассчитаем геометрические размеры заготовки после операции.

Условно разделим объем на две части. Объем 1 известен, т.к. в результате выдавливания, верхняя часть заготовки будет такой, какой она должна быть по заданию:

$$V_1 = \pi r^2 h = 3.14 * 2.07^2 * 5 = 114.5 \text{ мм}^3$$

Объем детали после прямого выдавливания (рисунок 8) находится по формуле 8:

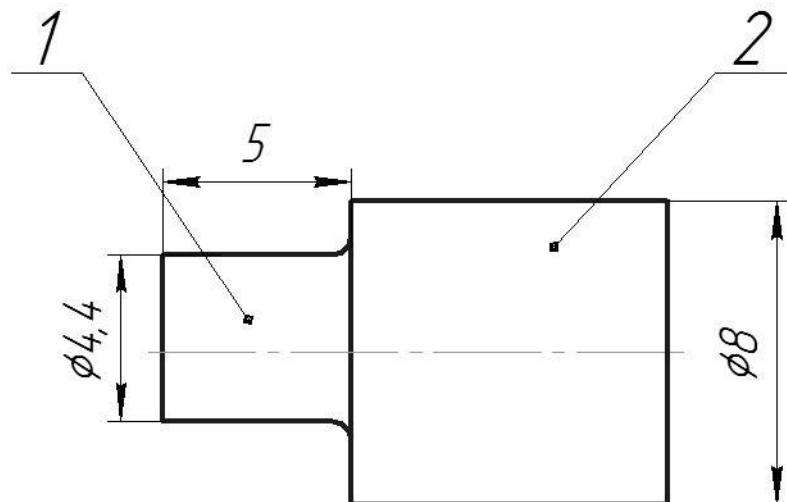


Рисунок 8 – Заготовка после прямого выдавливания

$$V = V_1 + V_2 \quad (8)$$

Объём второй части заготовки находится по формуле 9:

$$V_2 = V - V_1 \quad (9)$$

$$V_2 = 487.2 - 67.3 = 419 \text{ мм}^3$$

Длина второй части заготовки находится по формуле 10:

$$h = V/(\pi r^2) \quad (10)$$

$$h = 419/(3.14 * 4^2) = 8.35 \text{ мм}$$

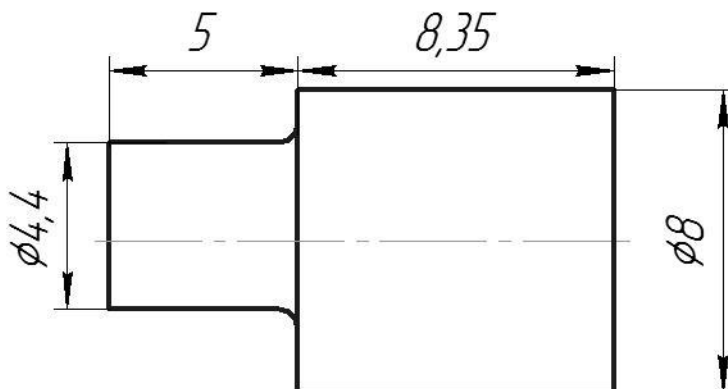


Рисунок 9 - Заготовка после прямого выдавливания.

1.4.2 Определение усилия прямого выдавливания.

При определении силы, необходимой для изготовления заготовки или детали холодной объёмной штамповкой, нужно учитывать упрочнение материала, которое зависит от пластической деформации, механических свойств и химического состава.

При расчётах приняты линейные размеры приведены в метрах, площадь поверхности в квадратных метрах; P – сила, МН; p – давление на инструмент, МПа; σ – напряжение, МПа.

Давление, передаваемое на пуансон, находится по формуле 11;

$$p = p_1 + p_2, \quad (11)$$

где p_1 – давление, вызванное трением при перемещении заготовки в матрице (формула 12);

p_2 – давление, необходимое для деформирования заготовки в коническом участке матрицы (формула 13).

$$p_1 = \frac{2\pi DH\nu\mu P_2}{2F(1 - \nu) - \pi DH\nu\mu}, [1] \quad (12)$$

где ν – коэффициент пунсона ($\nu = 0,28$);

μ – коэффициент трения при холодном деформировании со смазочным материалом ($\mu = 0,1$);

D – диаметр рабочей части матрицы;

H – начальная высота заготовки;

F – площадь поперечного сечения приёмника матрицы (17).

$$p_2 = P_D + P_\Gamma + P_T \quad (13)$$

P_D , P_Γ и P_T находятся по формулам 14, 15, 16 соответственно:

$$p_D = \left[\left(\frac{F}{f} \right)^{2n\mu/\alpha} \left(1 + \frac{\alpha}{2n\mu} + m + \ln \frac{\alpha}{\sin \alpha} \right) - \left(1 + \frac{\alpha}{2n\mu} \right) \right] \sigma_s^*, [1] \quad (14)$$

где $m = \pi dl\mu/f$ (l – ширина цилиндрического пояса матрицы);

$n = \ln(F/f)$ (f – площадь поперечного сечения на выходе матрицы (формула 18));

α – угол конуса матрицы, рад. ($\alpha = 1,57$)

$$p_\Gamma = \sigma_s^* \ln \frac{\alpha}{\sin \alpha} \quad (15)$$

где σ_s^* – приведённое напряжение течения (формула 21).

$$p_T = \sigma_s^* \mu \frac{1 + \frac{P_D}{\sigma_s^*} + \frac{d}{D} \left(1 + m + \ln \frac{\alpha}{\sin \alpha} \right)}{1 + \frac{d}{D}} \left(1 - \frac{f}{F} \right) \operatorname{ctg} \alpha \quad (16)$$

$$F = \pi r^2 = 3.14 \cdot 4^2 = 50.24 \text{ mm}^2 \quad (17)$$

$$f = \pi r^2 = 3.14 \cdot 2.07^2 = 13.45 \text{ mm}^2 \quad (18)$$

$$m = \frac{\pi dl\mu}{f} = \frac{3.14 \cdot 4.15 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{13.45 \cdot 10^{-6}} = 0,48 \quad (19)$$

$$n = \ln \frac{F}{f} = \ln \frac{50.24}{13.45} = \ln 3.7 = 1.32 \quad (20)$$

При расчёте необходимой силы штамповки и работы деформирования на отдельных операциях при использовании кривых упрочнения для определения σ_s следует учитывать предварительную пластическую обработку металла до штамповки.

От правильности определения напряжения течения σ_s для конкретного значения деформации во много зависит точность расчёта потребной силы и работы деформирования.

Приведённое напряжение течения найдём по формуле 21:

$$\sigma_s^* = \beta \sigma_{ср}, [1] \quad (21)$$

где $\beta = 1 \div 1,15$ – коэффициент Людэ;

$\sigma_{ср}$ – усреднённое напряжение текучести;

Усреднённое напряжение текучести находится по формуле 22:

$$\sigma_{ср} = \frac{0,9\sigma_B(1 + 2\psi) + \sigma_T}{2}, [1] \quad (22)$$

где ψ – относительная деформация.

Относительная деформация находится по формуле 23:

$$\psi = \frac{F - f}{F} \quad (23)$$

$$\psi = \frac{50,24 \cdot 10^{-3} - 13,45 \cdot 10^{-3}}{50,24 \cdot 10^{-3}} = 0,73$$

$$\sigma_{ср} = \frac{0,9 \cdot 390 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 2 \cdot 0,73) + 195 \cdot 10^6}{2} = 530 \text{ МПа}$$

$$\sigma_s^* = 1 \cdot 530 \cdot 10^6 = 530 \text{ МПа}$$

$$p_d = \left[\left(\frac{50,24}{13,45} \right)^{\frac{2 \cdot 1,32 \cdot 0,1}{1,57}} \left(1 + \frac{1,57}{2 \cdot 1,32 \cdot 0,1} + 2,42 + \ln \frac{1,57}{\sin 1,57} \right) - \left(1 + \frac{1,57}{2 \cdot 1,32 \cdot 0,1} \right) \right] 530 \cdot 10^6 = 5167 \text{ МПа}$$

$$p_{\Gamma} = 530 \cdot 10^6 \ln \frac{1,57}{\sin 1,57} = 2153 \text{ МПа}$$

$$p_T = 530 \cdot 10^6 \cdot 0,1 \cdot \frac{1 + \frac{5167}{530} + \frac{4}{8} \left(1 + 2,42 + \ln \frac{1,57}{\sin 1,57} \right)}{1 + \frac{4}{8}}$$

$$+ \left(1 - \frac{13,45}{50,24} \right) \operatorname{ctg} 1,57 = 320 \text{ МПа}$$

$$P_2 = 5167 \cdot 10^6 + 2153 \cdot 10^{-6} + 320 \cdot 10^6 = 7640 \text{ МПа}$$

$$p_1 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 9,7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,28 \cdot 0,1 \cdot 7640 \cdot 10^6}{2 \cdot 50,24 \cdot 10^{-6} \cdot (1 - 0,28) - 3,14 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 9,7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,28 \cdot 0,1} = 1600 \text{ МПа}$$

Таким образом суммарное давление, передаваемое на пуансон будет равным:

$$p = 7640 \cdot 10^6 + 1600 \cdot 10^6 = 9240 \text{ МПа.}$$

Найдём усилие, оказываемое на пуансон при прямом выдавливании:

$$P = 9240 \cdot 10^6 \cdot (50,24 \cdot 10^{-6} - 13,45 \cdot 10^{-6}) = 3,4 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

1.5 Обратное выдавливание

1.5.1 Определение геометрических параметров

Данная операция будет осуществляться в закрытой матрице.

Прямое выдавливание является завершающим этапом штамповки, деталь должна соответствовать данным размерам на рисунке 10.

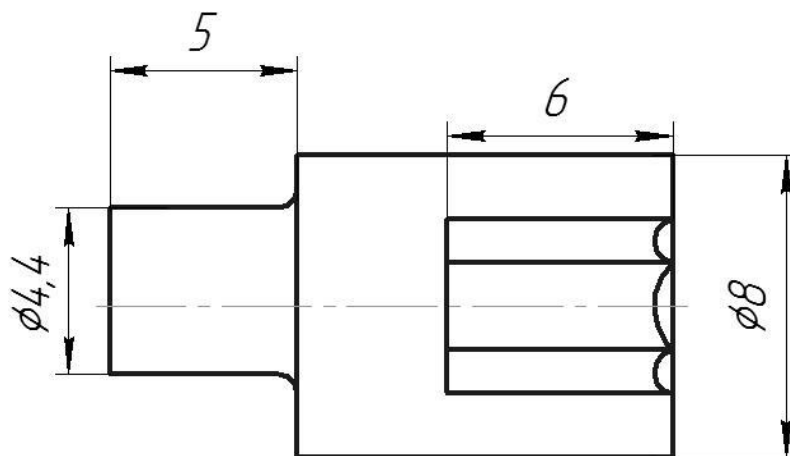


Рисунок 10 - Заготовка после обратного выдавливания

После операции обратного выдавливания заготовка приобретает геометрические параметры заданной детали.

1.5.2 Определение усилия обратного выдавливания

При расчётах приняты линейные размеры приведены в метрах, площадь поверхности в квадратных метрах; P – сила, МН; p – давление на инструмент, МПа; σ – напряжение, МПа.

Давление, передаваемое на пуансон, находим по формуле 24;

$$p = \left(\frac{e_i}{\psi} + 1 + \left(\frac{4(h' + b_1)(D + d)}{d^2} + \frac{d}{3h'} \right) \mu \right) \sigma_s^*, [1] \quad (24)$$

где ψ - относительная деформация при сжатии, $\psi = f/F$;

$b_1 = (0.04 \div 0.06) \cdot D$;

H' – начальное значение высоты очага деформации (формула 28);

h' – текущее значение высоты очага деформации (формула 29);

e_i – деформационное упрочнение (формула 27).

Приведённое напряжение течения σ_s^* находится по формуле 21.

Напряжение течения (истинное напряжение) находится по формуле 26:

$$\sigma_{ср} = \frac{0,9\sigma_B(1 + 2\psi) + \sigma_T}{2} \quad (26)$$

$$\psi = \frac{13,86}{50,24} = 0,28$$

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{0,9 \cdot 390 \cdot 10^6 \cdot (1 + 2 \cdot 0,28) + 195 \cdot 10^6}{2} = 371 \text{ МПа}$$

$$\sigma_s^* = 1 \cdot 371 \cdot 10^6 = 371 \text{ МПа}$$

$$b_1 = 0.05 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Деформация при обратном выдавливании, сопровождается деформационным упрочнением, учитывающая одновременно уменьшение площади поперечного сечения, осадку дна и наличие недеформированных зон материала заготовки.

$$e_i = \ln \left(\frac{F}{F-f} \left(\frac{H'}{h'} \right)^{f/F} \right) \quad (27)$$

$$H' = h' \cdot \frac{F}{F-f} \quad (28)$$

$$h' = 0.25D \left(1.4 - \frac{d}{D} \right) \quad (29)$$

$$h' = 0.25 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \left(1.4 - \frac{4.3 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^{-3}} \right) = 1.72 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$H' = 1,72 \cdot 10^{-3} \frac{50,24 \cdot 10^{-6}}{50,24 \cdot 10^{-6} - 13,86 \cdot 10^{-6}} = 2,38 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$e_i = \ln \left(\frac{50,24}{50,24 - 13,86} \left(\frac{2,38}{1,72} \right)^{1,86/50,24} \right) = 0,41$$

$$p = \left(\frac{0.41}{0.28} + 1 + \left(\frac{4(1.72 \cdot 10^{-3} + 0.4 \cdot 10^{-3})(8 \cdot 10^{-3} + 4,3 \cdot 10^{-3})}{(4,3 \cdot 10^{-3})^2} + \frac{4,3 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 1.72 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot 0.1 \right) \cdot 371 \cdot 10^6 = 2634 \text{ МПа}$$

Найдём усилие, оказываемое на пуансон при обратном выдавливании:

$$P = 2634 \cdot 10^6 (50.24 \cdot 10^{-6} - 13.86 \cdot 10^{-6}) = 96 \text{ кН}$$

Таким образом усилие, требуемое на деформацию и преодоление сил трения в матрице, составило 96 кН.

1.6 Выбор оборудования для выдавливания

Операции прямого и обратного выдавливания будут проводиться в совмещённом штампе. Для определения суммарного усилия выдавливания воспользуемся формулой 30:

$$P = P_{\text{пр}} + P_{\text{об}} \quad (30)$$

где $P_{\text{пр}}$ – усилие при прямом выдавливании;

$P_{\text{об}}$ – усилие при обратном выдавливании.

$$P_{\text{выд.}} = 3,4 \cdot 10^5 + 9,6 \cdot 10^4 = 4,4 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Исходя из суммарного усилия операции прямого и обратного выдавливания будут проводиться на гидравлическом прессе модели Д2430Б (рисунок 11). Пресс выполнен вертикальным, рамным. Гидроагрегат, приводящий в работу пресс, монтируется на фундаменте слева от прессы и соединяется с ним трубопроводами. Модель гидроагрегата Г4717.



Рисунок 11 - Общий вид гидравлического пресса Д2430Б

Конструкция и аппаратура пресса позволяют проводить работы по литьевому и прямому прессованию изделий на полуавтоматическом режиме работы, а также позволяет наблюдать за давлением жидкости и нагревом пресс-форм.

Станина пресса рамного типа, выполненная сваренными между собой стальными листами. Для установки главного цилиндра, в верхней части станины имеется отверстие. Пресс оснащён выталкивателем, для него имеется отверстие в нижней части станины. Стол пресса – горизонтальная массивная плита с Т – образными пазами для установки пакета штампа и другого оборудования. Для направления движения ползуна, служат направляющие, вмонтированные в станину пресса.

В станине предусмотрено два отверстия М36, расположенных в нижней части верхней поперечины, для установки механического выталкивателя, который кроме роли выталкивателя может обеспечивать удержания ползуна в верхнем положении в время ремонта.

Технические характеристики пресса Д2430Б приведены в таблице 5:

Таблица 5 -Технические характеристики пресса

Основные параметры	Значение
Номинальное усилие пресса, кН (т)	1000 (100)
Номинальное усилие обратного хода, кН (т)	100 (10)
Номинальное усилие выталкивателя вверх, кН (т)	250 (25)
Наибольший ход штока (ползуна), мм	400
Наибольшее расстояние между столом и штоком - открытая высота пресса, мм	710
Расстояние между стойками в свету, мм	670
Размеры стола, мм	630 x 630
Высота стола над уровнем пола, мм	900
Скорость штока - рабочий ход, мм/сек	4,2
Скорость штока - холостой ход, мм/сек	120
Скорость штока - возвратный ход, мм/сек	120
Скорость выталкивателя при ходе вверх, мм/сек	17
Скорость выталкивателя при ходе вниз, мм/сек	45
Максимальная выдержка под давлением, мин	15
Электрооборудование	
Количество электродвигателей	1
Электродвигатель насоса гидростанции, кВт	5,5
Габариты и масса пресса	
Габариты пресса (длина ширина высота), мм	1740 x 1185 x 2780
Масса станка, кг	2750

1.7 Эпюры деформации и напряжения

На рисунке 12 приведены эпюры относительной деформации и напряжения текучести после операций прямого и обратного выдавливания отдельных частей обрабатываемой детали «Эксцентрик».

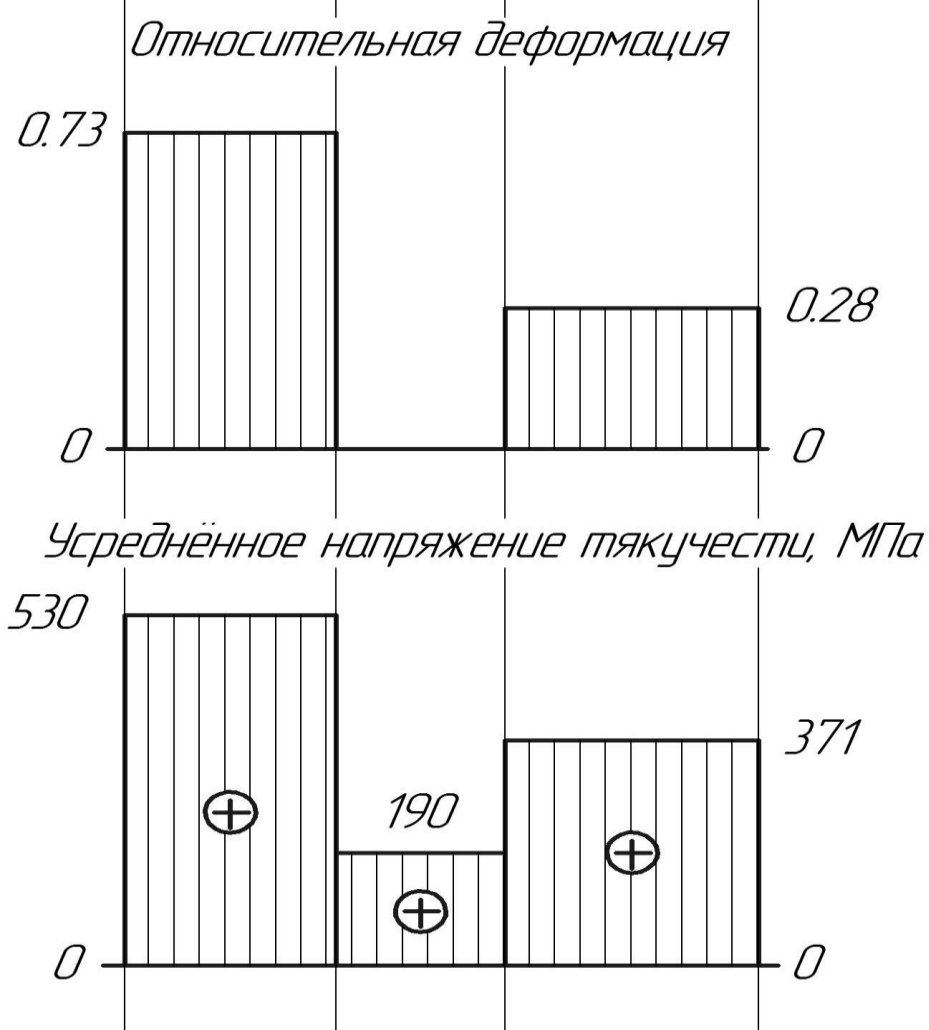
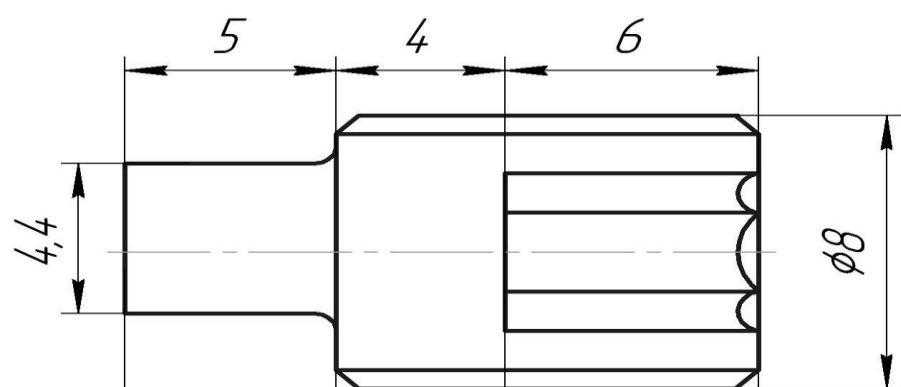


Рисунок 12 – Эпюры деформации и напряжения

2 Конструкторский раздел

2.1 Штамп для резки

Резка прутка на заготовки осуществляется в разрезном штампе на кривошипном прессе. На рисунке 13 изображён штамп для резки пруткового материала. Под верхней плитой 1 расположен хвостовик 3. Плита хвостовика воздействует на буфер 4. Под буфером расположена плита 5 для крепления болтовым соединением 14 подвижного ножа 9. Подвижную часть штампа удерживают пружины сжатия 7, установленные в пазах в нижней плите 6. Неподвижный нож 10 крепится болтовым соединением к нижней плите. В подвижных частях штампа установлены втулки 2, по которым осуществляет возвратно поступательное движение колонны 8.

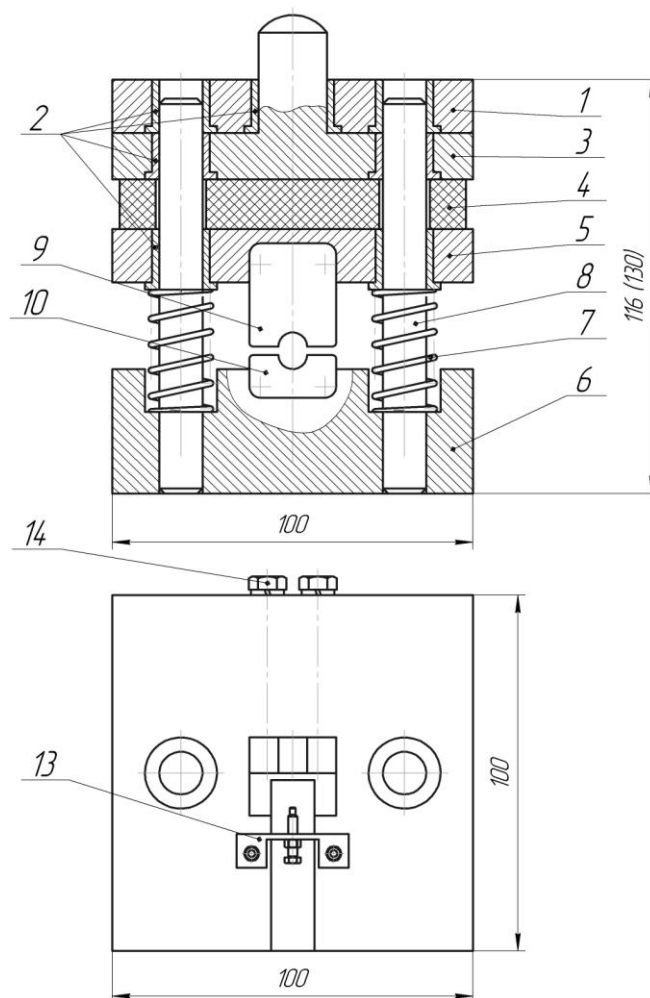


Рисунок 13 - Штамп для резки.

Ножи для резки (рисунок 14) выполнены из инструментальной стали 6XB2C, такая сталь обладает повышенной твердостью и прочностью.

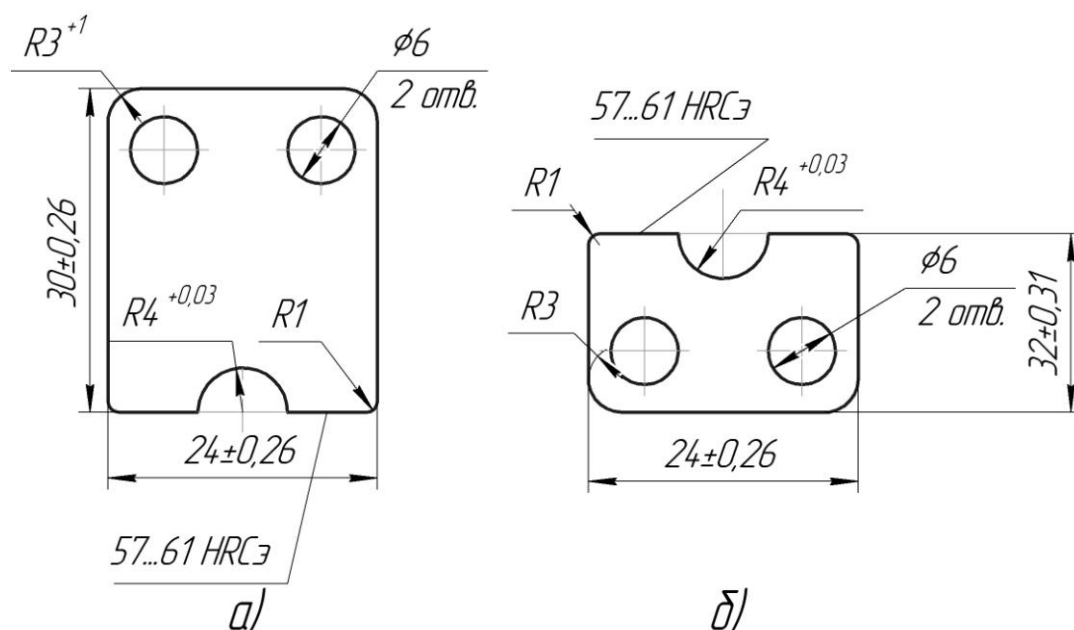


Рисунок 14 - Ножи для резки

а) подвижный нож; б) неподвижный нож.

Обе стороны ножей являются режущими, т.е. при затоплении достаточно перевернуть нож.

Сборка является ответственным и завершающим этапом изготовления штампа, малейшие ошибки при сборке могут привести к уменьшению срока службы штампа или вызвать аварию при эксплуатации.

Сборка штампа для резки состоит из следующих работ:

1. Сборка неподвижного ножа и направляющей с нижней плитой штампа.
2. Установка колонн и пружин в нижней плите.
3. Сборка подвижного ножа, прижима и установка втулок в плите 5.
4. Сборка плиты 5 и нижней плиты на направляющих колоннах.
5. Проверка зазора между ножами штампа.
6. Установка буфера на направляющих колоннах.
7. Установка втулки в плите хвостовика.
8. Установка хвостовика на колоннах штампа.
9. Установка втулок в верхней плите штампа.

10. Сборка верхней плиты и нижней части штампа на направляющих колоннах
11. Тщательно протирается рабочий стол пресса и часть ползуна, которая контактирует с штампом
12. Установка штампа в кривошипный пресс.
13. Испытания штампа на прессе для выявления недостатков и их устранение.

2.2 Штамп совмещённого действия

Штамп совмещённого действия (рисунок 15) предназначен для одновременного выполнения прямого и обратного выдавливания. На верхней плите 1 устанавливаются пуансон для прямого выдавливания 3 и пуансон для обратного выдавливания 4 пуансонодержателем 2 болтовым соединением 22. В пуансонодержателе для надёжного закрепления пуансонов кольцо 5, которое затягивается гайкой 6. Подвижная часть штампа осуществляет движения по колоннам 21 с встроенным ограничителем 13. Колонны расположены по диагонали штампа в нижней плите 8. В нижней плите имеется два сквозных отверстия для установки выталкивателей 10, вкрученных в шпильки 11. Матрицы 12 крепятся к нижней плите матрицадержателем 7 болтовым соединением. Между матрицами устанавливается прокладка 9.

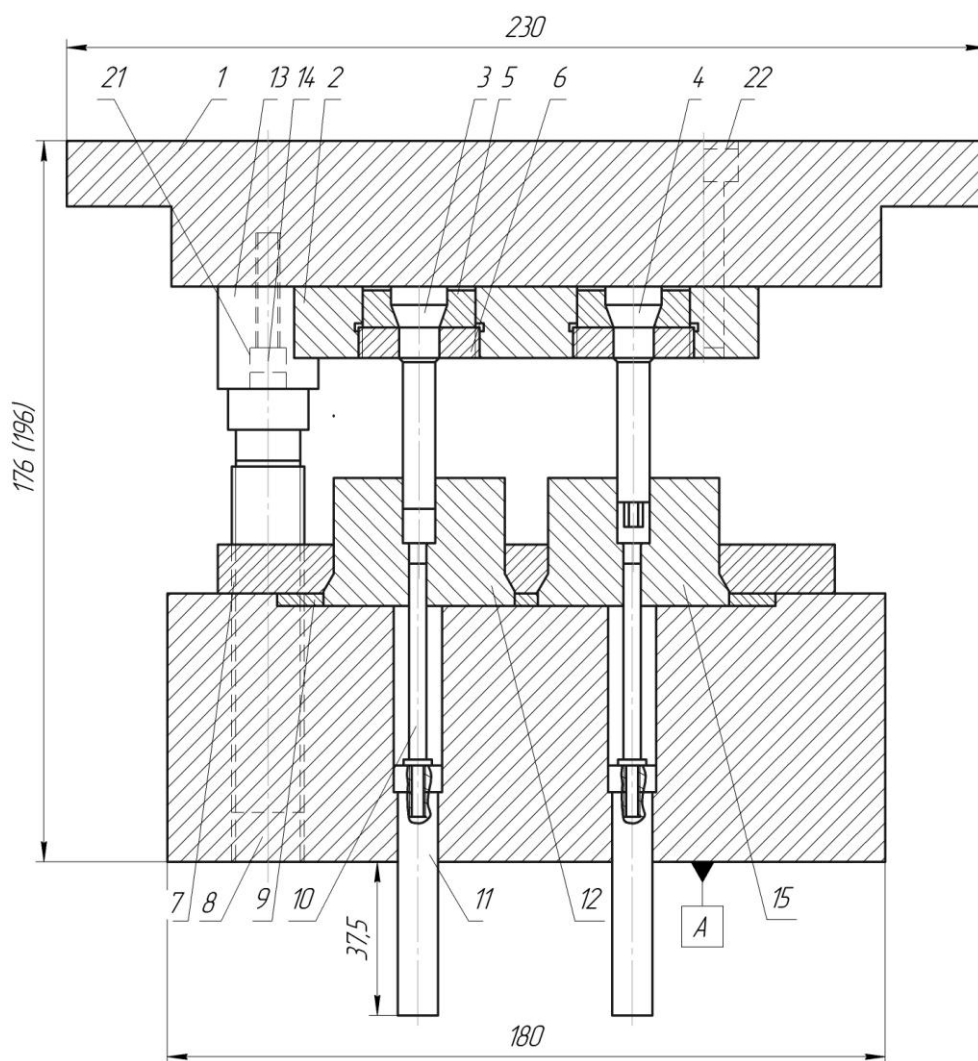


Рисунок 15 - Штамп совмещённого действия.

Матрицы для прямого и обратного выдавливания одинаковы геометрическими параметрами, изготовлена из инструментальной стали Х12Ф. Заготовки для изготовления матриц куются с перепутыванием волокон, чтобы они располагались перпендикулярно направлению рабочего отверстия. На рисунке 16 изображена матрица для прямого и обратного выдавливания.

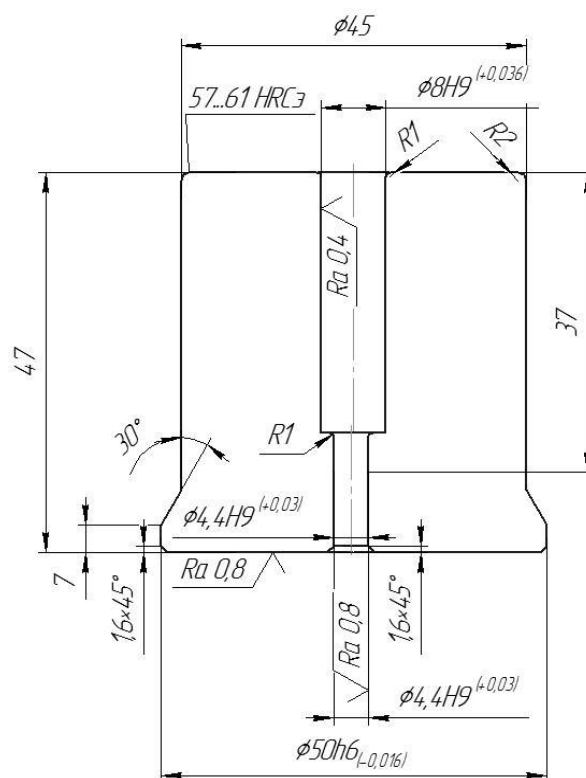


Рисунок 16 - Матрица для прямого и обратного выдавливания

Пунсоны для прямого и обратного выдавливания (рисунок 17) выполнены из инструментальной стали 9ХС ГОСТ 5950-73.

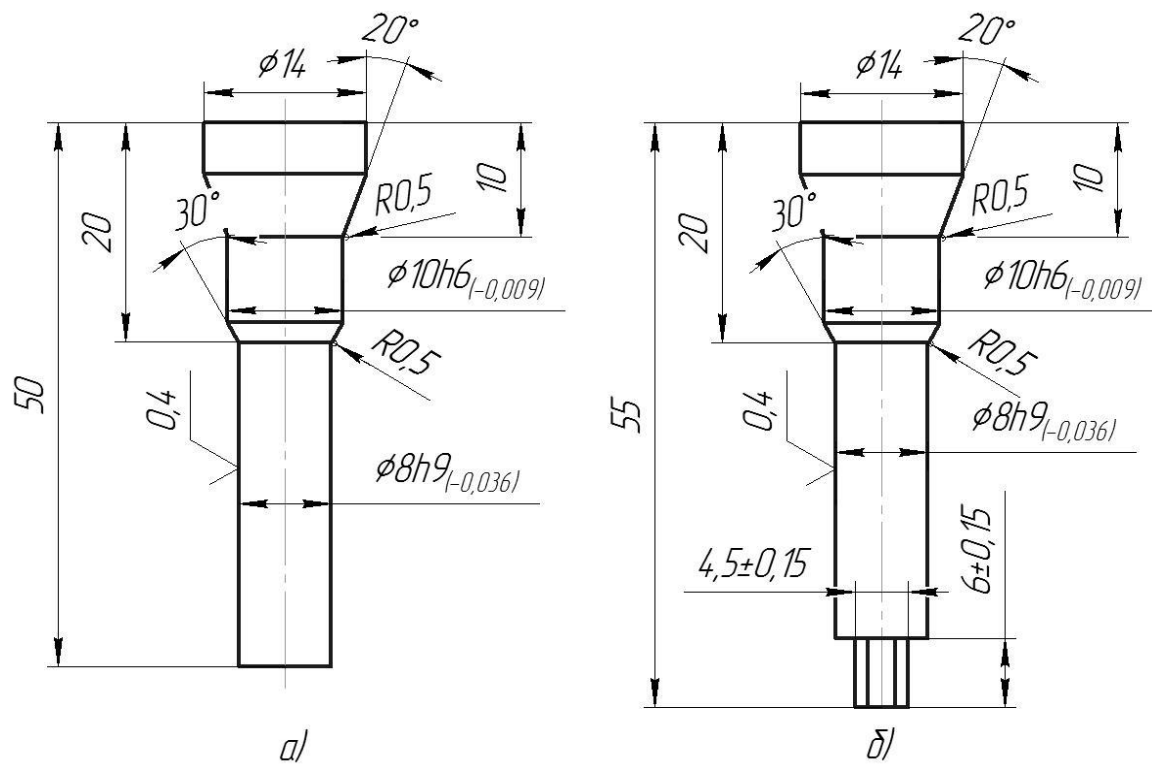


Рисунок 17 - Пунсоны для выдавливания.

а) пуансон для прямого выдавливания; б) пунсон для обратного выдавливания.

Сборка штампа для выдавливания состоит из следующих работ:

1. Сборка матриц матрицодержателем с нижней плитой.
2. Сборка пуансонов с верхней плитой штампа пуансонодержателем.
3. Сборка верхней и нижней плит на направляющих колонках.
4. Проверка зазоров между пуансонами и матрицами.
5. Установка выталкивателей в нижней плите.
6. Тщательно протирается рабочий стол пресса и часть ползуна, которая контактирует с штампом.
7. Установка штампа в гидравлический пресс.
8. Испытания штампа на прессе для выявления недостатков и их устранение.
9. Пробное выдавливание деталей и сдача готового штампа в ОТК.

2.3 Штамп калибровочный

Завершающим этапом формообразования детали является калибровка. Калибровка осуществляется в штампе на гидравлическом прессе. Штамп для калибровки изображён на рисунке 18. На верхней плите 1 установлен пунсон-матрица 3, закреплённый пуансонодержателем 2. Колонны 10 закреплены в верхней плите болтовым соединением 21 и совершают возвратно-поступательное движение в нижней плите 5. На нижней плите установлена матрица 9, закреплённая матрицодержателем 4 методом болтового соединения 23 и кольцом 6. Выталкиватель 7, установленный в нижней плите, крепится резьбовым соединением к шпильке 8.

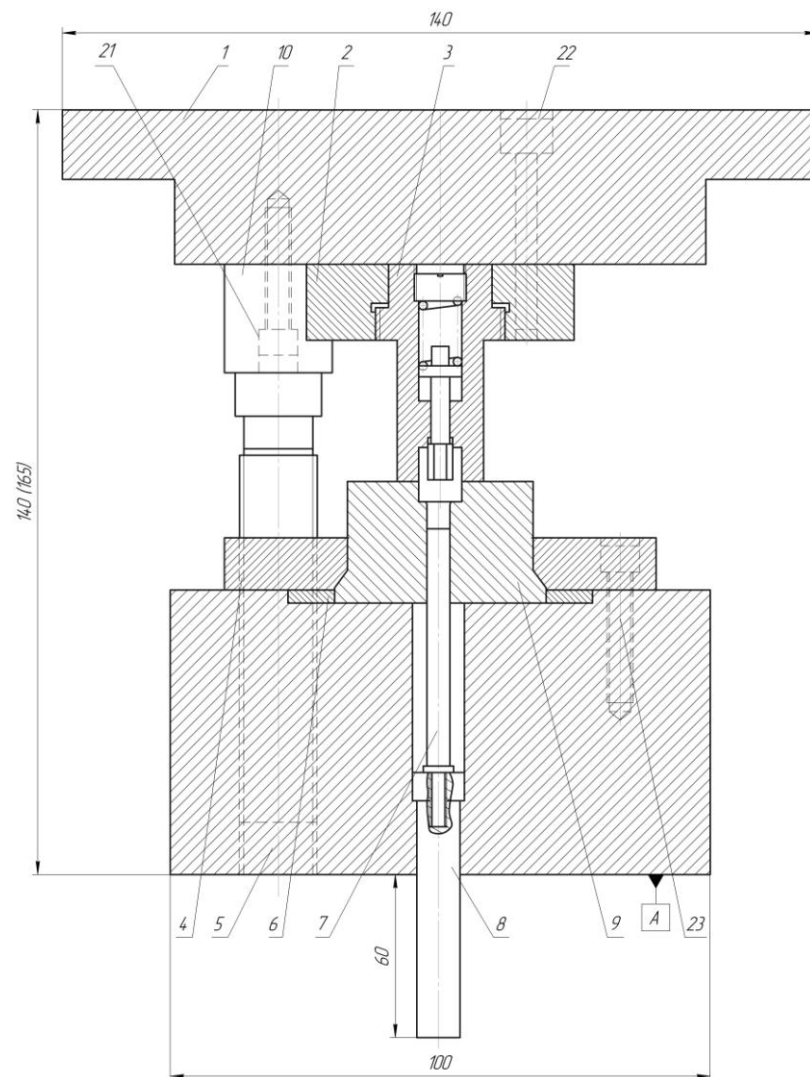


Рисунок 18 - Штамп калибровочный.

Калибровка заготовок, осуществляется для уменьшения их кривизны и улучшения геометрической формы.

Матрица для калибровки представлена на рисунке 19, изготовлена из инструментальной стали Х12Ф. Матрица для калибровки должна отличаться повышенной точностью. Заготовки для изготовления матриц куются с перепутыванием волокон, чтобы они располагались перпендикулярно направлению рабочего отверстия.

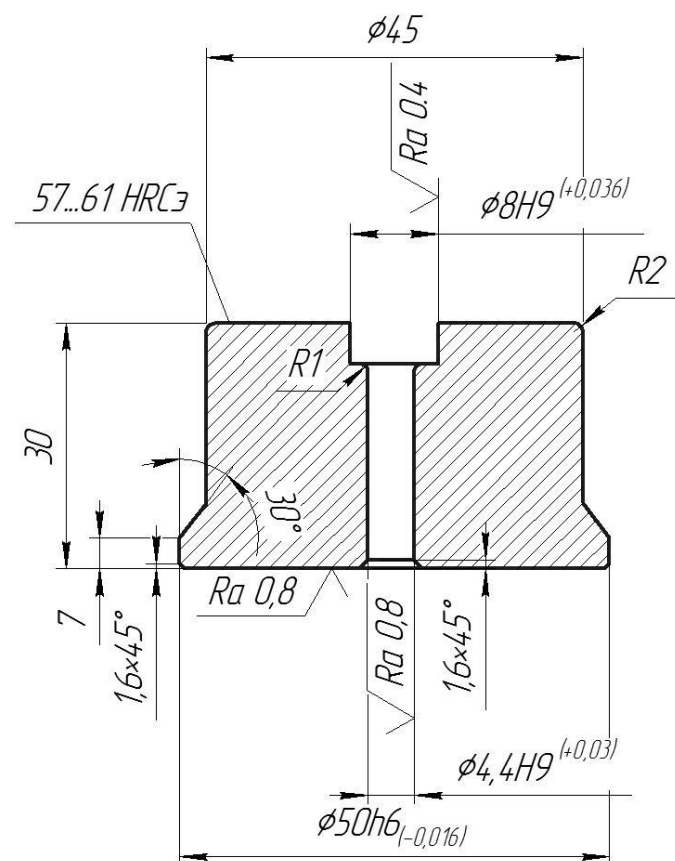


Рисунок 19 - Матрица для калибровки.

Пунсон-матрица представлен на рисунке 20, выполнен из инструментальной стали 9ХС ГОСТ 5950-73. Пуансон-матрица отличается повышенной точность рабочих поверхностей.

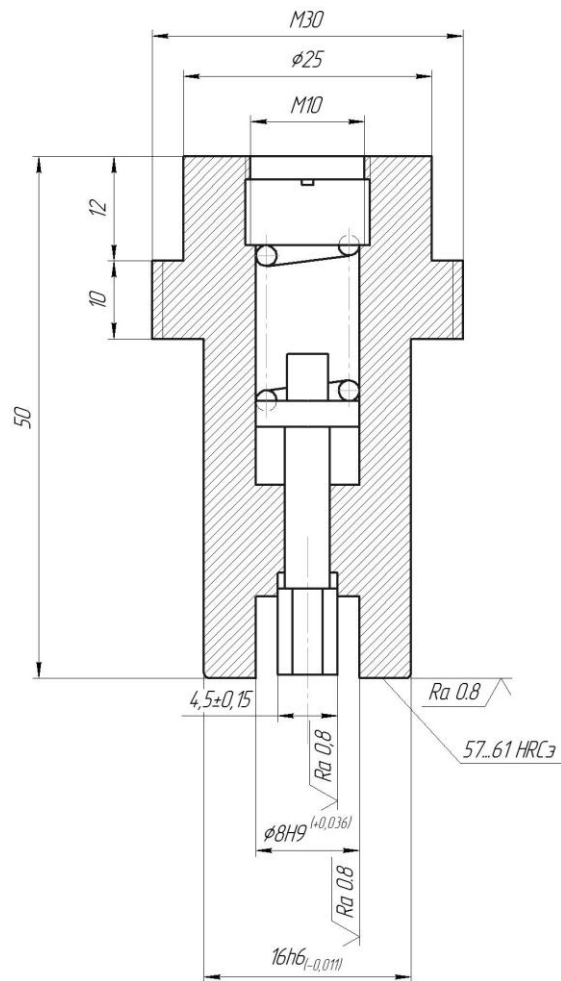


Рисунок 20 - Пуансон-матрица.

Сборка штампа для резки состоит из следующих работ:

1. Сборка матрицы матрицодержателем с нижней плитой.
2. Сборка пуансон-матрицы с верхней плитой штампа пуансонодержателем.
3. Сборка верхней и нижней плит на направляющих колонках.
4. Проверка зазоров между пуансон-матрицей и матрицей.
5. Установка выталкивателей в нижней плите.
6. Тщательно протирается рабочий стол прессы и часть ползуна, которая контактирует с штампом.
7. Установка штампа в гидравлический пресс.
8. Испытания штампа на прессе для выявления недостатков и их устранение.
9. Пробная калибровка деталей и сдача готового штампа в ОТК.

3 Технико-экономический раздел

Одной из актуальных задач машиностроения, электротехники и некоторых других отраслей промышленности является снижение металлоемкости конструкций. В этом плане, например, замена токарной обработки на штамповку детали заметно снизит затраты на материал.

Рассмотренная составная часть общей экономической эффективности относилась к штамповке вообще, как технологическому процессу рационального производства изделий. Последующие расчеты более определены и конкретны, так как связаны непосредственно с производством «Эксцентриков» для эксцентрикового фрезерного станка.

Технологический процесс изготовления «Эксцентриков» методом холодной штамповки достаточно прост и состоит из следующих основных операций:

1. резки прутка на мерные заготовки;
2. зачистка заусенцев;
3. прямое и обратное выдавливание;
4. калибровка.

Такая технология изготовления «Эксцентриков» позволяет экономить до 44% стали и повышает производительность труда в 4-5 раз по сравнению с технологией изготовления на токарных станках.

При расчете некоторых величин использованы заводские данные. Некоторые показатели брались и рассчитывались укрупнено.

3.1 Расчет нормы времени

Расчет нормы времени зависит от типа производства. При серийном производстве рассчитываем штучное время $t_{шт}$:

$$t_{шт} = t_o + t_{вн} + t_{обс} + t_{отд} \quad (31)$$

где t_o – основное время выдавливания детали (рассчитывается исходя из числа ходов прессы) ($t_o = 30$ сек);

$t_{вн}$ – вспомогательное время ($t_{вн} = 14$ сек);

$t_{\text{обс}}$ – время, затрачиваемое рабочим на уход за рабочим местом ($t_{\text{обс}}$ в размере 10 % от $t_{\text{опер}}$);

$t_{\text{отд}}$ – время на отдых ($t_{\text{отд}}$ в размере 7 % от $t_{\text{опер}}$);

$$t_{\text{шт}} = 30 + 14 + 3 + 2,1 = 49,1 \text{ сек.}$$

Рассчитаем время затрачиваемое на годовой выпуск продукции:

$$T = t_{\text{шт}} \cdot N = 49,1 \cdot 20000 = 982000 \text{ сек} = 273 \text{ ч.}$$

где N – годовая норма выпуска продукции (20000 шт/год).

3.2 Расчет действительного фонда времени работы оборудования и рабочих

Расчет действительного фонда времени работы оборудования производится по формуле (32):

$$F_{\text{д}}^0 = F_{\text{ном}}^0 \cdot k_{\text{ППР}}, [8] \quad (32)$$

где $F_{\text{д}}^0$ - действительный фонд времени работы оборудования, ч/год; $F_{\text{ном}}^0$ - номинальный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год;

k – коэффициент учитывающий время по плану на капитальный и средний ремонт, текущее планово-предупредительное обслуживание ($k = 0,97$).

Номинальный годовой фонд работы оборудования определяется по формуле:

$$F_{\text{ном}}^0 = \frac{D_2 \cdot \text{Ч}_H}{D_H}, [8] \quad (33)$$

где D_2 – число дней работы в году ($D_2 = 252$ дня);

Ч_H – число часов работы в неделю ($\text{Ч}_H = 40$ ч);

D_H – число дней работы в неделю ($D_H = 5$ дней);

$$F_{НОМ}^0 = \frac{252 \cdot 40}{5} = 2016$$

Действительный фонд времени рабочего рассчитывается по формуле (34):

$$F_{\phi}^p = F_{НОМ}^p \cdot k_0, [8] \quad (34)$$

где F_{ϕ}^p - действительный фонд времени рабочего, ч/год;

$F_{НОМ}^p$ - номинальный фонд времени рабочего, ч/год;

k_0 – коэффициент, учитывающий время по плану на отпуска, болезни, выполнение общественных и государственных обязанностей, $k = 0,88$ (18);

$$F_{\phi}^p = 2016 \cdot 0,88 = 1818$$

3.3 Методика расчета потребности в оборудовании и количестве рабочих

Расчетное количество прессового оборудования, необходимое для выполнения планового задания C_p , следует определять следующим образом:

$$C_p = \frac{t_{шт.к} \cdot N}{F_{\phi}^o \cdot k_v \cdot k_{пр}}, [8] \quad (35)$$

где F_{ϕ}^o - действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год;

k_v – коэффициент выполнения норм выработки, ($k_v = 1,2$);

$k_{пр}$ – коэффициент простоя оборудования, ($k_{пр} = 0,8$).

$$C_p = \frac{0,014 \cdot 20000}{2016 \cdot 1,2 \cdot 0,8} = 0,15_{шт}$$

Согласно этому на участке по одной единице каждого типа оборудования.

Определяем коэффициент загрузки оборудования $\eta_{загр}$:

$$\eta_{загр} = 0,15/1 = 0,15$$

Определяем расчетное количество основных рабочих P_p^o :

$$P^o_p = \frac{t_{um \cdot \kappa} \cdot N}{F^p_o \cdot \kappa_{\kappa}}, [8] \quad (36)$$

где F^p_d - действительный фонд времени работы одного рабочего в год, ч/год;
 κ_{κ} - коэффициент выполнения норм выработки рабочими ($\kappa_{\kappa}=1,2$).

$$P^o_p = \frac{0,014 \cdot 20000}{1818 \cdot 1,2} = 0,13 \text{ чел.}$$

Учитывая специфику производства, для каждого типа операций определяется не менее 1 рабочего (резчик, оператор прессы, вспомогательный рабочий)

$$P^o_{пр} = 3 \text{ чел.}$$

3.4 Расчет капитальных затрат

Общая сумма капитальных затрат определяется суммированием перечисленных элементов.

Капитальные вложения в технологическое оборудование определяются по формуле:

$$K_{об} = \sum K_j \cdot C_j$$

где $K_{об}$ - первоначальная стоимость технологического оборудования j -го типоразмера

K_1 — 1445500 руб. Гидравлический пресс. Модель Д2430Б;

K_2 — 630000 руб. Кривошипный пресс. Модель КД2116;

K_3 — 60000 руб. Пакет штампа для резки;

K_3 — 80000 руб. Пакет штампа для выдавливания;

K_3 — 80000 руб. Пакет штампа для калибровки;

C_j - количество технологического оборудования j -го типоразмера занятого выполнением i -ой операции;

$$K_{об} = 1445500 \cdot 1 + 630000 \cdot 1 + 80000 \cdot 1 + 80000 \cdot 1 + 60000 \cdot 1 = 2295500 \text{ руб.}$$

3.5 Определение себестоимости продукции

Для определения себестоимости продукции в данной работе применяется калькуляция по элементам затрат, которые включают:

- материальные затраты;
- затраты на электроэнергию;
- заработная плата и социальный налог;
- амортизация основных производственных фондов и затраты на обслуживание и ремонт.

3.6 Материальные затраты

Затраты на основные материалы определяются исходя из норм расхода данного вида материала с учетом транспортно-заготовительных расходов и данных о количестве и стоимости возвратных отходов.

$$M = m * Z * N$$

где m – масса затрачиваемого материала на изготовление одного изделия ($m = 0.01$ кг);

Z – рыночная стоимость материала ($Z = 40$ руб/кг);

N – программа выпуска продукции в год ($N = 20000$ шт/год)

Цены на материалы принимаются по действующим прейскурантам оптовых цен.

Норма расхода материала определяется по нормативам, фактическим заводским данным, чертежам на изделие.

$$M_{\text{изд}} = 0,01 * 40 = 0,4 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{год}} = 0,4 * 20000 = 8000 \text{ руб/год.}$$

3.7 Затраты на электроэнергию

Затраты на силовую электроэнергию определяются по формуле:

$$S_{\text{э}} = N_{\text{у}} \cdot k_{\text{м}} \cdot k_{\text{вр}} \cdot k_{\text{п}} \cdot z_{\text{эл}} \cdot T_{\text{эл}}, [8] \quad (38)$$

где $N_{\text{у}}$ - суммарная установленная мощность электродвигателей технологического оборудования ($N_{\text{у}}=22,5$ кВт);

$k_{\text{м}}$ - средний коэффициент загрузки электродвигателей по мощности ($k_{\text{м}}=0,8$);

$k_{\text{вр}}$ - средний коэффициент загрузки электродвигателей по времени ($k_{\text{вр}}=0,7$);

$k_{\text{п}}$ - коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети ($k_{\text{п}}=1,04$);

$T_{\text{эл}}$ – время работы электродвигателей ($T_{\text{эл}} = 273$);

$z_{\text{эл}}$ -стоимость 1 кВт·ч электроэнергии (по данным Красэнергосбыта для промышленных предприятий ($z_{\text{эл}} = 3,5$ руб);

η - средний коэффициент полезного действия для электродвигателей ($\eta=0,9$).

$$S_{\text{э}} = 22,5 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,04 \cdot 273 \cdot 3,5 = 12521 \text{ руб/год.}$$

$$S_{\text{э/ед}} = \frac{12521}{20000} = 0,62 \text{ руб/шт}$$

Итого затраты на эл. энергию: 12521 руб.

3.8 Заработная плата

Весьма существенным в установлении условий, стимулирующий рост производительности труда, является правильный выбор формы заработной платы.

При работе с регламентированным ритмом наиболее приемлемой является простая сдельная и повременно-премиальная.

Годовой фонд заработной платы основных и вспомогательных рабочих определяется по формуле:

$$З_{\text{раб}} = T_{\text{п}} \cdot F_{\text{д}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{р}}, [8] \quad (39)$$

где $T_{\text{п}}$ - часовая тарифная ставка рабочих в данной профессии;

$F_{\text{д}}$ - действительный годовой фонд времени одного рабочего;

$k_{\text{пр}}$ - коэффициент, учитывающий величину премии ($k_{\text{пр}}=1,1$);

$k_{\text{р}}$ - районный коэффициент (г. Красноярск) ($k_{\text{р}}=1,3$);

Затраты на зарплату прессовщика по выпуску годовой нормы:

$$З_{\text{раб}}=120 \cdot 273 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 46847 \text{ руб/год};$$

$$З_{\text{раб}}=46847/20000 = 2,3 \text{ руб/шт};$$

Затраты на зарплату резчика по выпуску годовой нормы:

$$З_{\text{раб}}=95 \cdot 273 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37087 \text{ руб/год};$$

$$З_{\text{раб}}=37087/20000 = 1,9 \text{ руб/шт};$$

Затраты на зарплату вспомогательного рабочего по выпуску годовой нормы:

$$З_{\text{раб}}=55 \cdot 273 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 21472 \text{ руб/год};$$

$$З_{\text{раб}}=21472/20000 = 1,1 \text{ руб/шт};$$

Сумма заработных выплат:

$$\sum З_{\text{раб}} = 105406 \text{ руб/год}$$

$$\sum З_{\text{раб}} = 5,27 \text{ руб/шт}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$З_{\text{соц}} = \sum З_{\text{раб}} \cdot 0,312 = 105406 \cdot 0,312 = 31622 \text{ руб/год}$$

$$З_{\text{соц}} = \sum З_{\text{раб}} \cdot 0,312 = 5,27 \cdot 0,312 = 1,6 \text{ руб/шт}$$

3.9 Амортизация

Амортизация на приобретаемое оборудование начисляется линейным способом. При его реализации годовая сумма амортизационных отчислений определяется исходя из нормы амортизации и первоначальной стоимости объекта, принятого на учет по формуле:

$$A_{\Gamma} = H_{\Gamma} \cdot \Phi_{\Pi}$$

где A_{Γ} — годовая сумма амортизационных отчислений, руб;

H_{Γ} -годовая норма амортизации, %;

Φ_{Π} - первоначальная стоимость объекта основных фондов.

Годовая сумма ремонтных отчислений определяется по формуле:

$$P_{\Gamma} = H_{\Gamma} \cdot \Phi_{\Pi}$$

где P_{Γ} — годовая сумма ремонтных отчислений, руб;

H_{Γ} -годовая норма ремонта, %;

Φ_{Π} - первоначальная стоимость объекта основных фондов.

Таблица 6 - Расчет годовых амортизационных отчислений

Оборудование	Количество, шт.	Цена 1 ед. оборудования, руб.	Годовая норма амортизации, %	Годовые затраты на ремонт, %	Годовые амортизационные отчисления	Годовые затраты на ремонт, руб.
Гидравлический пресс ПБ6330-2	1	1445500	5,6	7.1	80948	102630
Кривошипный пресс КД2116	1	630000	4,2	5,2	26460	32760
Пакет штампа для резки	1	60000	20	3,6	12000	2160
Пакет штампа для выдавливания	1	80000	20	3,6	16000	2880
Пакет штампа для калибровки	1	80000	20	3,6	16000	2880
Итого					151408	143610

Таблица 7 - Техничко-экономические показатели

Наименование	Единица измерения	Значение
1) Программа выпуска	шт	20000
2) Трудоёмкость	сек/шт	49,14
3) Кол-во оборудования	шт	2
4) Кол-во рабочих	Чел.	3
5) Капитальные вложения	руб	2295500
6) Технологическая себестоимость	руб/год	452567
-материальные затраты	руб/год	8000
- Затраты на эл.энергию	руб/год	12521
- Заработная плата	руб/год	137028
- Амортизационные отчисления и ремонт	руб/год	295018
Себестоимость единицы продукции	руб/шт	22,6

Таким образом себестоимость детали, полученной методами холодной объёмной штамповки, составила 22,6 руб/шт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объемная холодная штамповка применяется для изготовления деталей сложной формы, но малых размеров из металлов, обладающих высокой пластичностью, к которым относится используемая в работе сталь 15Х. Отсутствие нагрева позволяет получить более точные детали и с более чистой поверхностью, что и необходимо при производстве детали «Эксцентрик». Данная деталь служит для жёсткой фиксации корпуса ножа в конструкции фрезы. Она является важной составляющей в конструкции фрезы, однако она является сложной деталью. Применение объемной штамповки в сочетании с другими штамповочными операциями позволяет получить детали, не требующие или почти не требующие дальнейшей механической обработки.

В работе была разработана технология и сконструированы инструменты для изготовления деталей «Эксцентрик» методами холодной объёмной штамповки.

В ходе реализации цели работы были достигнуты следующие задачи:

- разработаны технологии изготовления детали «Эксцентрик»;
- спроектированы штампов для резки, прямого и обратного выдавливания, калибровки;
- осуществлён выбор и кинематический анализ оборудования для изготовления детали «Эксцентрик»;
- произведён расчёт техникоэкономические показатели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Семенов Е.И. и др. (1985) Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т.
2. Третьяков А.В. (1971) Механические свойства сталей и сплавов при пластическом деформировании. Карманный справочник
3. Романовский В.П. (1979) Справочник по холодной штамповке
4. Сторожев М.В., Попов Е.А. (1977) Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов
5. Навроцкий Г.А. и др. (1973) Холодная объемная штамповка. Справочник
6. Овчинников А.Г. (1983) Основы теории штамповки выдавливанием на прессах
7. Килов А.С. (2003) Обработка материалов давлением в промышленности
8. Норицын И.А. (1967) Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки
9. Камнев П.В. (1983) Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах и горизонтально-ковочных машинах
10. Таловеров В.Н. (2001) Оборудование кузнечно-прессовых цехов (Механические и гидравлические прессы. Методы исследования)
11. Живов Л.И. (2006) Кузнечно-штамповочное оборудование
12. Фаворский В.Е. (1955) Холодная штамповка выдавливанием
13. Коликов А.П. и др. (1998) Машины и агрегаты трубного производства: Учебное пособие для вузов
14. Шелаев И.П. (2004) Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине "Технологияковки и горячей штамповки"
15. Рудман Л.И. и др. (1989) Справочник по оборудованию для листовой штамповки
16. Малов А.Н. (1969) Технология холодной штамповки

ПРИЛОЖЕНИЯ